

## IV. FMEA

Az FMEA (németül Fehlermöglichkeiten und Einflußanalyse vagy angolul Failure Mode and Effects Analysis) módszer a termékben megteszülő hiba-lehetőségek és hiba-hatások feltárására, illetve értékelésére alkalmas eljárás. A módszert az USA-ban fejlesztették ki a repülőgépipar és az űrhajózás területén, ahol a hibák bekövetkezése mindig végzetes következményekkel jár együtt. Érthetően itt igen nagy hangsúlyt helyeznek ezek megelőzésére, a potenciális hibaforrások feltárása révén. Az autóiparban a '70-es évektől kezdődően átvették az eljárást és a kedvező tapasztalatok vezettek el oda, hogy az ISO 9004 szabványban már ajánlott módszerként került leírásra. Ez az eszköz:

- Segít a potenciális termék/folyamat hibamódok korai azonosításában
- Növeli annak valószínűségét, hogy minden termék/folyamat potenciális hibamódját és hatásukat figyelembe vesszük.
- Segít a termék/folyamat konstrukciós követelmények és alternatívák elemzésében.
- Segít a potenciális kritikus jellemzők és a szignifikáns jellemzők azonosításában.
- Meghatározza a termék/folyamat javítási intézkedések prioritását.
- Dokumentálja a termék/folyamat konstrukcióváltoztatások mögötti ésszerűséget.
- Segíti a folyamatszabályozási tervek kifejlesztését
- Segít a kritikus vizsgálati paraméterek meghatározásában

### 1. FMEA célja

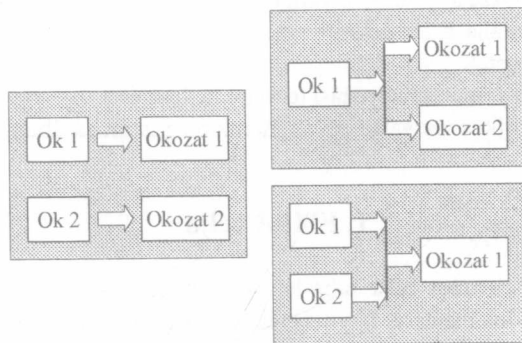
Az FMEA elemzés célja hiba-lehetőségek feltárása, hiba-előfordulás megelőzése és lokalizálása. Egy termék vagy egy folyamat azon meghibásodási módjainak azonosítása, melyek a kritikus vevőkövetelmények nem teljesítését okozhatják. E specifikus okok relatív kockázatának becslése, az ezen okokra vonatkozó jelenlegi szabályzóterv értékelése és a meghozandó javító intézkedések rangsorolása szintén az FMEA feladata. Ezen túlmenően általában képes:

- A minőség, megbízhatóság és biztonság javítására
- A vevőelégedettség növelésére

- A ciklusidő csökkentésére
  - A kockázatsökkentő intézkedések dokumentálására és követésére.
- Mi is tehát az FMEA? Egy strukturált megközelítés, hogy:
- azonosítsa a módot, amelyben a folyamat nem tud megfelelni a kritikus vevői igényeknek
  - megbecsülje az említett hibákhoz tartozó konkrét esetek kockázatát
  - értékelje az említett hibák megelőzését célzó érvényes ellenőrző tervet
  - rangsorolja a folyamat javítása érdekében szükséges lépéseket.

Alapja egy Mátix-szerű szabványos űrlap, melyet a részlegek oszloponként töltik ki és kényelmesen elvégezhető számítógépes táblázatkezelővel. A vizsgálat orientációjának megfelelően az elemzésnek két alaptípusát szokták elkülöníteni:

- **Konstrukciós FMEA:** a tervezés pontatlanságaiból eredő hibák kiküszöbölése.
  - **Folyamat FMEA:** a gyártási folyamat gyenge pontjainak feltárása.
- Ezen túlmenően ismert a **Rendszer FMEA**, mely rendszerek és alrendszerek elemzése a korai koncepció és konstrukció fázisokban. Azokra a potenciális meghibásodási módokra koncentrálnak, melyek egy rendszer konstrukciójából adódóan érintik a rendszer funkcióit. FMEA kapcsolatot teremt OK és OKOZAT között:



IV/1. ábra  
Ok-okozat kapcsolat az FMEA-ban

**Ok:**

- a hiányosság aminek eredménye a Hiba mód
- az okok a Kulcs bemenő változókhoz kapcsolódó Ingadozások forrásai

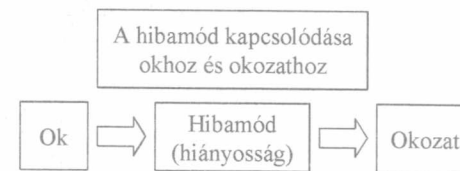
**Okozat (hatás)**

- a hatás a Vevőre ha a Hiba módot nem előzzük meg vagy javítjuk
- a Vevő lehet a folyamatban egy vevő vagy a végfelhasználó

**Hiba mód**

- a jelenség ahogy egy alkatrész vagy folyamat nem teljesíti a specifikációt
- általában a hibával vagy nem-megfelelőséggel társul

A Hiba módra gondolhatunk úgy mint a „folyamatban lévő” hibára, míg az Okozat a Vevői követelményekre való hatása.



IV/2. ábra  
FMEA modell

## 2. FMEA aktualitása

Az FMEA által nyújtott előnyök a működés során számos esetben előtérbe kerülnek. Így

- amikor új rendszereket, termékeket és folyamatokat kell tervezni;
- amikor meglévő konstrukciókat vagy folyamatokat kell megváltoztatni;
- amikor átvett konstrukciókat/folyamatokat kell új alkalmazásokban, vagy új környezetekben használni;
- a rendszerfunkciók definiálása után, de a specifikus hardver kiválasztása előtt;
- a termékfunkciók definiálása után, de a konstrukció jóváhagyása és gyártásba vitele előtt;
- amikor rendelkezésre állnak a termék ideiglenes rajzai/tervei (de ez után is bármikor);
- bonyolult folyamatra, melyben szignifikáns változtatást kell elvégezni.

### 2.1. KI KÉSZÍTI EL AZ FMEA-T?

FMEA-k készítéséhez a csapatmunka javasolt. A rendszer vagy termék felelős irányítja az FMEA csapat munkáját. A tervezet felelősnek be kell von-

nia minden érintett terület egy-egy képviselőjét. A csapat tagjait tervezés, gyártás, összeszerelés, minőség, megbízhatóság, szolgáltatás, eladás, tesztelés, beszállítás és egyéb érintett területek szakértőiből kell összeállítani.

Amikor egy változtatást hajtanak végre a termék tervezetében, alkalmazásában, környezetében, anyagában, vagy bármely folyamatban az **FMEA-t frissíteni kell**. A rendszerért vagy termékért felelős személy felel az FMEA frissítéséért is. A beszállítók naprakészen tartják saját FMEA-jukat.

Mikor tekinthető késznek az FMEA?

A konstrukciós FMEA késznek tekinthető, amikor a tervezet gyártása elindul, míg a folyamat FMEA sosem kész, kivéve ha a folyamatot eltávolítják a termék sorból.

## 2.2. FMEA ELEMEI ÉS SZÁMÍTÁSOK

Az FMEA a kockázatok jellemzésére három alapvető, illetve egy ezekből számított mutatót használ. Kockázat értékelések:

**Súlyosság (SEV):** Mennyire jelentős az okozat hatása a vevőre (belső vagy külső)?

**Előfordulás (OCC):** Mennyire valószínű a hiba mód okának az előfordulása?

**Detektálhatóság (DET):** Mennyire valószínű, hogy a jelenlegi rendszer jelzi a felmerülő okot vagy hiba módot?

**Kockázati prioritás szám (RPN):** Egy bizonyos Hiba mód relatív kockázatának kiszámítása: RPN (Risk Priority Number) Ezt a számot használjuk, hogy prioritást rendeljünk, melyik tételekhez kell további minőségi tervet készíteni.

$$RPN_{ijk} = OCC_{ijk} \times SEV_{ijk} \times DET_{ijk}$$

Ahol:

$OCC_{ijk}$  = a hibaok előfordulásának gyakorisága (Occurrence)

$SEV_{ijk}$  = a hiba következményeinek súlyossága (Severity)

$DET_{ijk}$  = az ellenőrzés hatékonysága, észlelés (Detest)

I = elem futóindexe

J =hiba futóindexe

K =hibaok futóindexe

**Hiba jelentősége:** RF (Risk of Failure)  $RF_{ij} = \sum_{k=1}^n RPN_{ijk}$

**Elemek jelentősége:** RP (Risk of Part)  $RP_i = \sum_{j=1}^n RF_{ij}$

## 2.3. FOLYAMAT FMEA

A folyamat FMEA alapja a konstrukciós FMEA. Míg azonban a konstrukciós FMEA egy gyártási folyamat lehetséges funkcionális hibáinak okait egy meghatározott hibára vonatkoztatja, ezt a funkcionális hibát a folyamat FMEA, mint lehetséges hibát vizsgálja, és elemzi annak megállapítására, miért akad meg a gyártási folyamat.

A folyamat FMEA végzésünk célja tehát a tervezett gyártási folyamat elemzése valamennyi minőségi követelmények betartásával.

A folyamat FMEA (Lehetséges hibamód- és hatáselemzés, Failure Mode and Effects Analysis) kidolgozása a tervezői team feladata. A folyamat FMEA:

- azonosítja a lehetséges folyamat hibamódokat a termékre vonatkozóan,
- megállapítja a hibák lehetséges hatásait a vevőre,
- azonosítja a gyártási vagy szerelési folyamatban a lehetséges okokat és azonosítja a folyamat változóit, melyekre az ellenőrzésnek összpontosulnia kell a bekövetkezés csökkenése vagy a hiba állapot észlelése érdekében,
- a lehetséges hibamódok egy sorba állított listáját dolgozza ki, s így megalkot egy prioritási rendszert a javító tevékenységek szempontjából.

A folyamat – FMEA-t a gyártás minden a folyamatervben rögzített - elemére vonatkozóan el kell végezni és azt kell vizsgálni, hogy hiba a folyamatban hol és miért következhet be. A folyamat FMEA lehetővé teszi a lehetséges hiba okok felismerését és segítheti azok megszüntetését. Az FMEA vizsgálat során kiszűrt – magas kockázatot jelentő folyamatjellemzőket kiemelt bemenő adatként kell figyelembe venni az ellenőrzés tervezés során. Az FMEA vizsgálat eredményét a folyamat FMEA úrlapon kell rögzíteni.

## 2.4. AZ FMEA VÉGREHAJTÁSÁNAK LÉPÉSEI

Az FMEA folyamatát a IV/3. ábra szemlélteti, melynek tartalmi elemeit az alábbiak jelenítik meg:

1. A feladatot ki kell jelölni. Az FMEA munkaigényes és lassú folyamat, egy alkatrész előállításának rengeteg hibaforrása lehet. Ezért mindig csak egy szűkebb területre célszerű a tevékenységet korlátozni. Ezen lépésen belül a következő feladatokat kell elvégezni:

- Folyamat tagolása
- Tevékenység-gép-személy kapcsolat rögzítése
- Munkamódszer rögzítése

Lehetőleg minél több olyan szakterület képviseltesse magát a munkában, ahonnan észrevételeket lehet várni a termék vagy alkatrész jellemző hibáira vonatkozóan.

2. Ki kell jelölni egy koordinátort, aki a brainstorming üléshez hasonlóan irányítja a megbeszéléseket anélkül, hogy akaratát ráerőszakolná a jelenlevőkre. A csoporttagokat fel kell készíteni, hogy világosan lássák mit várnak el tőlük.

Rendszerszerűen végig kell menni a megadott vagy feltételezett meghibásodásokon.

Ehhez a forrást a kísérleti gyártás eredményei, adatai, a csoporttagok emlékezete, a meghibásodási belső és külső statisztikák (selejtjelentések, vevői reklamációk) és az ún. hibakatalógusok adnak, ahol az elképzelhető hibaokok, és következmények össze vannak gyűjtve.

Ezen lépésen belül a következő feladatokat kell elvégezni:

- Hiba-lista készítése,
- Hiba jelenségek beazonosítása

A hiba listát szabványosított munkalapon kell rögzíteni, mely a további lépéseknél alapul szolgál az elemzéshez és értékeléshez.

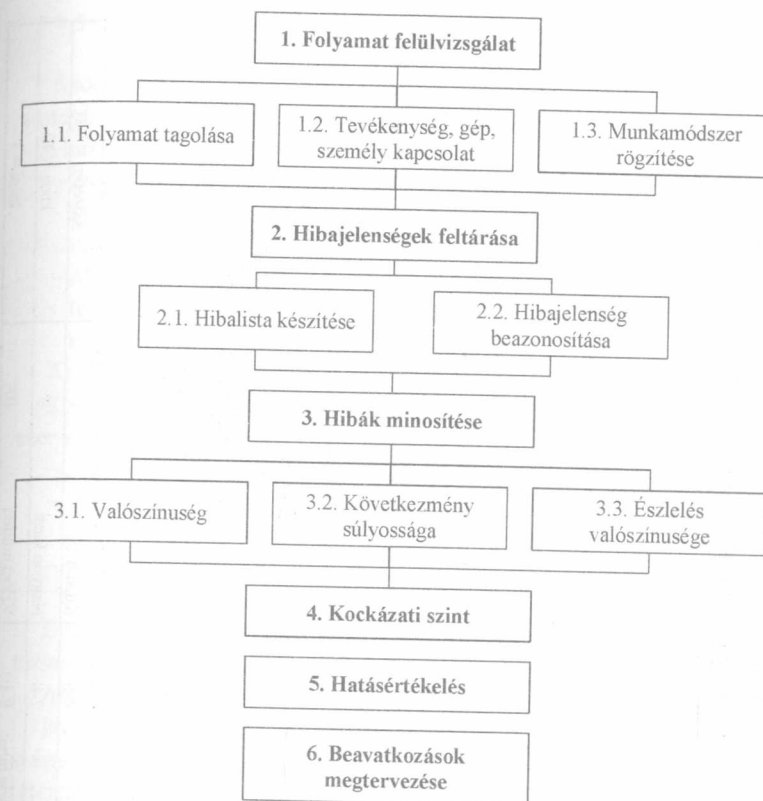
3. A feltételezhető meghibásodásokhoz hozzá kell rendelni egy nagyságrendileg becsült számot 1 és 10 között. Ezen számskálával rangsorolni kell:

- az előfordulás valószínűségét, kockázatát (OCC, OCCURRENCE);
- a vevő, felhasználó és szempontjából a várható következmények súlyosságát (SEV, SEVERITY) és
- a gyártó képességét, hogy a hiba kijutását a vevőkhöz megakadályozza (DET, DETECTION).

4. Kockázati szint értékelése. A becsült három számot (B, J, É) összeszorozva egy kockázatsúlyossági számot (RPN; kockázat prioritási szám) kapható. Ennek értéke 0 és 1000 között változhat ( $10 \cdot 10 \cdot 10$ ). Megjegyzés szerint, ha az RPN 125 és 420 közötti, akkor további ellenőrzést, elemzéseket kell készíteni, ha 420-nál nagyobb, akkor beavatkozás szükséges és a gyártnak valamilyen intézkedést kell tenni ennek csökkentésére.

5. Hatásértékelés. Értékelni kell a várható következményeket.

6. A szükséges beavatkozások megtervezése. A diagramot ki kell egészíteni az ajánlott intézkedésekkel, azok végrehajtásáért felelős személy nevével. A beavatkozás után bizonyos idővel új FMEA vizsgálatot kell végezni és új RPN-t kell számítani, amíg a beavatkozás nem lesz eredményes.



IV/3. ábra

IV/1. táblázat  
FMEA (Failure Mode and Effects Analysis)

Folyamat:  
Szakmai szám:  
Kiadás:  
Kapcsolat más FMEA munkával:  
Megjegyzés:

Kelt:  
Oszály:  
Aláírás:

Átdolgozva:  
Kelt:  
Aláírás:

Munkacsoport vezető:  
Tudomásul vette:

Megjegyzés.															
Hiba elemzés															
Kockázat elemzés															
Hiba elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elemzés															
Kockázat elem															

## 2.5. JELENLEGI FOLYAMATSZABÁLYOZÁSOK

Azok a mechanizmusok, amelyek vagy megelőzik a bizonyos mértékben a meghibásodási mód előfordulását, vagy detektálják azok fellépését.

Háromféle folyamatszabályozás:

- Detektálja a meghibásodás módját. Pl.: ellenőrzések,
- Detektálja az okot/mechanizmust és javító intézkedéseket von maga után
- Megelőzi az ok/mechanizmus vagy a meghibásodási mód/hatás előfordulását, vagy csökkenti előfordulási arányukat Pl.: SPC, oktatás, megelőző karbantartás.

Az RPN-ek értelmezése

Kockázati prioritási szám (Risk Priority Number) a konstrukció, a rendszer vagy a folyamat mértéke

- A generált értékeket pareto szerint kell rangsorolni
- A magasabb RPN-ekre a teamnek javító intézkedéseket kell hozni/tanácsolni, a kiszámított kockázat csökkentése érdekében.
- Általában, tekintet nélkül a kapott RPN-re, speciális figyelemre van szükség, ha a súlyosság nagy.

Ezután az RPN értékeket ismét ki kell számítani a végrehajtott javító intézkedés alapján.

Ajánlott intézkedések

Javító intézkedések a súlyossági, előfordulási és/vagy detektálási pontszámok csökkentésére. Iránya a legnagyobb RPN és a kritikus súlyosságú tételek.

## IRODALOMJEGYZÉK

- [1] GE Hungary Rt. FMEA. 2001. 10. 31.
- [2] ISO/TS 16949:1999 Quality System-Automotive suppliers-Particular requirements for the application of ISO 9001:1994 (szabvány)
- [3] Arthur R. Tenner – Irving J. De Toro: TQM Teljes körű minőségmenedzsment
- [4] Kondor István: Mi micsoda a minőségügyben. GTE Ipari Minőség Klub 1997.
- [5] Deák Cs. – Papp Zs.: Minőségbiztosítás – minőségmenedzsment. 2001. <http://www.szervez.uni-miskolc.hu>